

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО "Уральский государственный лесотехнический
университет"

Кафедра Охраны труда

А.В. Старцев

ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО
НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторной работы №
по курсу
"Безопасность жизнедеятельности"

Екатеринбург
2014

Печатается по решению методической комиссии института ИЛБиДС
Протокол № _10_ от _3_ июля 2014 г. __

Рецензент – профессор, д.т.н. Гамрекели М.Н.

Редактор

Подписано в печать		Поз.	
Плоская печать	Формат 60 x 84 1/16	Тираж	экз.
Заказ	печ. л.	Цена	

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
"ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО(СВЧ)
НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ
ПОЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ
ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ"

Цель лабораторной работы - ознакомить студентов с характеристиками электромагнитного излучения, нормативными требованиями к электромагнитному излучению, провести измерения электромагнитного излучения СВЧ диапазона в зависимости от расстояния до источника и оценить эффективность защиты от СВЧ излучения с помощью экранов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электромагнитные поля (ЭМП) генерируются токами, изменяющимися во времени. Спектр электромагнитных (ЭМ) колебаний находится в широких пределах по длине волны λ : от 1000 км до 0,001 мкм и менее, а по частоте f от $3 \cdot 10^2$ до $3 \cdot 10^{20}$ Гц, включая радиоволны, оптические и ионизирующие излучения. В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях находит ЭМ энергия неионизирующей части спектра. Это касается, прежде всего, ЭМ полей радиочастот. Они подразделяются по длине волны на ряд диапазонов (табл.1).

Таблица 1

Название диапазона	Длина волны	Диапазон частот	Частота	Но международному регламенту	
				Название диапазона частот	Номер
Длинные волны (ДВ)	10 - 1 км	Высокие частоты (ВЧ)	от 3 до 300кГц	Низкие (НЧ)	5
Средние волны (СВ)	1км - 100м	То же	от 0,3 до 3МГц	Средние (СЧ)	6
Короткие волны (КВ)	100 - 10м	То же	от 3 до 30МГц	Высокие (ВЧ)	7
Ультракороткие волны (УКВ)	10 - 1 м	Высокие частоты (УВЧ)	от 30 до 300МГц	Очень высокие (ОВЧ)	8
Микроволны: дециметровые (дм): сантиметровые (см): миллиметровые (мм)	1 м - 10см	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	от 0,3 до 3ГГц	Ультравысокие (УВЧ)	9
	10 - 1 см		3 до 30ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)	
	1 см - 1 мм		от 30 до 300ГГц	Крайневысокие (КВЧ)	10

Электромагнитные поля (ЭМП) складывается из электрического поля (ЭП), обусловленного напряжением на токоведущих частях электроустановок, и магнитного (МП), возникающего при прохождении тока по этим частям. Волны ЭМП распространяются на большие расстояния.

ЭМП представляют особую форму материи. Всякая электрически заряженная частица окружена электромагнитным полем, составляющим с ним единое целое. Но электромагнитное поле может существовать и в свободном состоянии, отдаленном от заряженных частиц, в виде движущихся со скоростью света фотонов или электромагнитного поля (электромагнитных волн).

Электромагнитное излучение (ЭМИ) характеризуется векторами напряженности электрического E (В/м) и магнитного H (А/м) полей, которые отражают силовые свойства ЭМП. В электромагнитной волне векторы E и H всегда взаимно перпендикулярны.

Длина волны λ , частота колебаний f и скорость c распространения электромагнитных волн связаны соотношением:

$$c = \lambda \cdot f, \quad (1)$$

В промышленности источниками ЭМП являются электрические установки, работающие на переменном токе частотой от 10 до 10^6 Гц, приборы автоматики, электрические установки с промышленной частотой 50 - 60 Гц, установки высокочастотного нагрева (сушка древесины, склеивание и нагрев пластмасс, термообработка и др.).

Основные требования по санитарно-гигиеническому нормированию электромагнитных воздействий на рабочих местах и их ПДУ воздействия на человека в России регламентируются государственными стандартами (ГОСТ), и санитарными правилами и нормами (СанПиН), гигиеническими нормативами (ГН) и др. документами, утверждаемыми Министерством здравоохранения. Перечень некоторых из них приведены в разделе "Список литературы".

Пример: В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006-84 значения предельно допустимой напряженности ЭМП радиочастот в диапазоне 0,06 - 300 МГц на рабочих местах приведены в табл.2.

Таблица 2

Составляющая ЭМП, по которой оценивается его воздействие, и диапазон частот, МГц	Предельно допустимая напряженность ЭМП в течение рабочего дня
Электрическая составляющая:	
0,06 - 3	50 В/м
3 - 30	20 В/м
30 - 50	10 В/м
50 - 300	0,5 В/м
Магнитная составляющая:	
0,06 - 1,5	5,0 А/м
30 - 50	0,3 А/м

Предельно допустимые уровни (ПДУ) по электрической составляющей, согласно [7], не должны превышать 20 В/м, а по магнитной составляющей

– 5А/м. ЭМП характеризуется совокупностью переменных электрических и магнитных составляющих. Различные диапазоны радиоволн объединяет общая физическая природа, но они существенно различаются по заключенной в них энергии, характеру распространения, поглощения, отражения, а как следствие этого, - по действию на среду, в т.ч. и на человека. Чем короче длина волны и больше частота колебаний, тем больше энергии несет в себе квант ЭМ излучения.

Связь между энергией Y и частотой f колебаний определяется как:

$$Y = h \cdot f, \quad (2)$$

или, поскольку длина волны λ и частота связаны соотношением (1), то

$$Y = h \cdot c / \lambda, \quad (3)$$

где: c – скорость распространения электромагнитных волн в воздухе ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с),

h – постоянная Планка, равная $6,6 \cdot 10^{-34}$ Вт/см².

ЭМП вокруг любого источника излучения разделяют на 3 зоны: ближнюю - зону индукции, промежуточную - зону интерференции и дальнюю - волновую зону. Если геометрические размеры источника излучения меньше длины волны излучения λ (т.е. источник можно рассматривать как точечный), границы зон определяются следующими расстояниями R :

- ближняя зона (индукции) $R \leq \lambda / 2\pi$;
- промежуточная зона (интерференции) $\lambda / 2\pi < R < 2\pi\lambda$;
- дальняя зона (волновая) $R \geq 2\pi\lambda$.

Работающие с источниками излучения НЧ, СЧ и, в известной степени, ВЧ и ОВЧ диапазонов находятся в зоне индукции. При эксплуатации генераторов СВЧ и КВЧ диапазонов работающие чаще всего находятся в волновой зоне.

В волновой зоне интенсивность поля оценивается величиной плотности потока энергии (ППЭ), т.е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности. В этом случае ППЭ выражается в Вт/м² или производных единицах: мВт/см², мкВт/см². ЭМП по мере удаления от источника излучения быстро затухает. ЭМ волны диапазона УВЧ, СВЧ и КВЧ (микроволны) используются в радиолокации, радиоастрономии, радиоспектроскопии, геодезии, дефектоскопии, физиотерапии. Иногда ЭМП УВЧ диапазона применяются для технологических целей (вулканизации резины, термической обработки пищевых продуктов, стерилизации, пастеризации, вторичного разогрева пищевых продуктов). СВЧ - аппараты используются для микроволновой терапии.

Под действием ЭМП, в котором находится человек, в его теле возбуждается электрический ток. По результатам медико – биологических исследо-

ваний устанавливается предельно допустимая плотность тока (ПДПТ) в теле человека (The basic restrictions for current densities in the body).

Наиболее опасными для человека являются ЭМП высокой и сверхвысокой частот. Критерием оценки степени воздействия на человека ЭМП может служить количество электромагнитной энергии, поглощаемой им при пребывании в электрическом поле и повышение температуры (по закону Ленца) всего тела человека или его отдельных органов. Величина поглощаемой человеком энергии зависит от квадрата силы тока, протекающего через его тело, времени пребывания в электрическом поле и проводимости тканей человека.

По законам физики изменения в веществе может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия реального действия не оказывает. Электромагнитные волны лишь частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологический эффект зависит от физических параметров ЭМП радиочастотного диапазона: длины волны (частоты колебаний), интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма, а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границе раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик глаза, стекловидное тело, семенники и др.). Тепловой эффект зависит от интенсивности облучения. Пороговые интенсивности теплового действия ЭМП на организм животного составляют для диапазона средних частот - 8000 В/м , высоких - 2250 В/м , очень высоких - 150 В/м , дециметровых - 40 мВт/см^2 , сантиметровых - 10 мВт/см^2 , миллиметровых - 7 мВт/см^2 .

ЭМП с меньшей интенсивностью не обладает термическим действием на организм, но вызывает слабовыраженные эффекты аналогичной направленности, что согласно ряду теорий считается специфическим нетепловым действием, т.е. переходом ЭМ энергии в объекте в какую-то форму нетепловой энергии. Нарушение гормонального равновесия при наличии СВЧ-фона на производстве следует рассматривать как противопоказания для профессиональной деятельности, связанной с нервной напряженностью труда и частыми стрессовыми ситуациями.

Постоянные изменения в крови наблюдаются при ППЭ выше 1 мВт/см^2 . Это фазовые изменения лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина. Поражение глаз в виде помутнения хрусталика (катаракты) - последствия

воздействия ЭМП в условиях производства. При воздействии миллиметровых волн изменения наступают немедленно, но быстро проходят. В то же время при частотах около 35 ГГц возникают устойчивые изменения, являющиеся результатом повреждения эпителия роговицы.

Клинические исследования людей, подвергшихся производственному воздействию СВЧ - облучения при его интенсивности ниже 10 мВт/см^2 , показали отсутствие каких-либо проявлений катаракты.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, приводит к изменениям функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, нарушению обменных процессов [7]. При воздействии значительных излучений СВЧ поля может возникать более или менее выраженное помутнение хрусталика глаза (катаракты). При этом нередко отмечают изменения и в составе крови.

В соответствии с санитарными нормами и правилами [4, 5, 9] при работе с источниками ЭМП СВЧ частот предельно допустимые интенсивности ЭМП на рабочих местах приведены в табл.3.

Таблица 3

В диапазоне СВЧ (300 МГц - 300 ГГц)	Предельно допустимая интенсивность
1. Для работающих при облучении в течение:	
– всего рабочего дня (8ч)	10 мкВт/см^2
– не более 2 ч за рабочий день	100 мкВт/см^2
– не более 15-20 мин за рабочий день	1000 мкВт/см^2
2. Для лиц, не связанных профессионально, и для населения	1 мкВт/см^2

Защитные меры от действия ЭМП сводятся, в основном, к применению защитного экранирования, дистанционного управления устройствами, излучающими ЭМ волны, применению средств индивидуальной защиты. Защитные экраны делятся на:

- отражающие излучение;
- поглощающие излучение.

К первому типу относятся сплошные металлические экраны, экраны из металлической сетки, из металлизированной ткани. Ко второму типу относятся экраны из радиопоглощающих материалов. К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) относятся: спецодежда, выполненная из металлизированной ткани: защитные халаты, фартуки, накидки с капюшоном, перчатки, щитки, а также защитные очки (при интенсивности выше 1 мВт/см^2), стекла которых покрыты слоем полупроводниковой окиси олова, или сетчатые очки в виде полумасок из медной или латунной сетки.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рис.1.

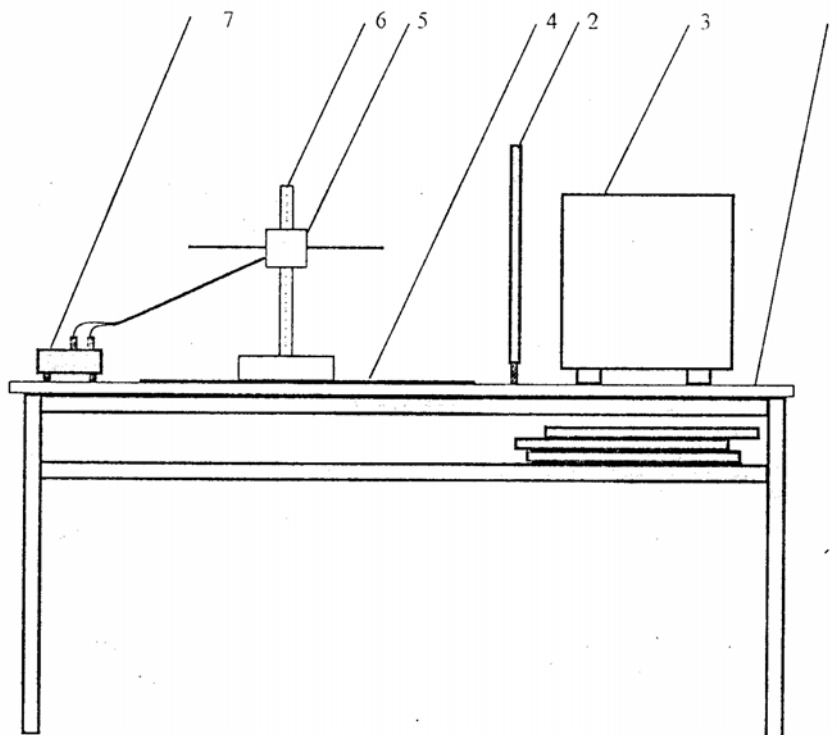


Рис. 1

Стенд представляет собой стол, выполненный в виде сварного каркаса со столешницей 1, под которой размещаются сменные экраны 2, используемые для изучения экранирующих свойств различных материалов. На столешнице 1 размещены – СВЧ печь 3 (источник излучения) и координатное устройство 4.

Координатное устройство 4 регистрирует перемещение датчика 5 СВЧ поля по осям "X", "Y". Координата "Z" определяется по шкале, нанесенной на измерительную стойку 6, по которой датчик 5 может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ печи (элементы наиболее интенсивного излучения).

Датчик 5 выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц и состоит из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ диода.

Координатное устройство 4 выполнено в виде планшета, на который нанесена координатная сетка. Планшет приклеен непосредственно к столешнице 1. Стойка 6 изготовлена из диэлектрического материала (органического стекла), чтобы максимально исключить искажение распределения СВЧ поля.

В качестве нагрузки в СВЧ печи используется строительный красный кирпич, устанавливаемый на неподвижную подставку, в качестве которой используется неглубокая фаянсовая тарелка, обеспечивающая стабильность измеряемого параметра.

Сигнал с датчика 5 поступает на мультиметр 7, размещенный на свободной части столешницы 1 (за пределами координатной сетки).

На столешнице 1 имеются гнезда для установки сменных защитных экранов 2, выполненных из следующих материалов:

- сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм;
- сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм;
- лист алюминиевый;
- полистирол;
- резина.

2.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕНДА

Таблица 4

№ п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Величина
1	Диапазон плотности потока электромагнитного излучения в изучаемой зоне СВЧ печи	$\text{мкВт}/\text{см}^2$	0...120
2	Соотношение показаний мультиметра М 3900 и измерителя плотности потока 113-19	$1 \text{ мкА} = 0,35 \text{ мкВт}/\text{см}^2$	
3	Значения перемещений датчика относительно СВЧ печи(не менее):	мм	
	– по оси "X"		500
	– по оси "Y"		± 250
	– по оси "Z"		300
4	Мощность СВЧ печи(не более)	Вт	800
5	Количество сменных защитных экранов	шт.	5
6	Размеры экранов	мм	$(330 \pm 5) \times (500 \pm 5)$
7	Потребляемая мощность (не более)	В•А	1200
8	Цена деления шкал по осям X, Y, Z	мм	10
9	Габаритные размеры стенда(не более)	мм	
	– длина		1200
	– ширина		650
	– высота		1200

10	Масса станда(не более)	кг	40
11	Электропитание станда должно осуществляться от сети переменного тока		
	– напряжением	В	220 ± 22
	– частотой	Гц	$50 \pm 0,4$
12	Режим работы СВЧ печи:		
	– продолжительность работы (не более)	мин	5
	– продолжительность перерыва между рабочими циклами	с	не менее 30
	– уровень мощности	%	100

2.3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.3.1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного станда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

2.3.2. Запрещается работать с открытой дверцей СВЧ печи.

2.3.3. Запрещается самостоятельно регулировать или ремонтировать дверь, панель управления, выключатели системы блокировки или какие-либо другие части печи. Ремонт должен производиться только специалистами.

2.3.4. СВЧ печь должна быть заземлена.

2.3.5. Не допускается включение и работа печи без нагрузки. Рекомендуется в перерывах между рабочими циклами оставлять в печи кирпич. При случайном включении печи кирпич будет выполнять роль нагрузки.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Ознакомиться с мерами по технике безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

3.2. Подключить СВЧ печь к сети переменного тока.

3.3. В печь на подставку (тарелка) положить кирпич.

3.4. Установить режим работы печи согласно п.2.2.12. в соответствии с паспортом на конкретную СВЧ печь.

Для СВЧ печи "Плутон" ее включение и рабочий режим осуществляется в следующей последовательности: открыть дверь печи нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели; установить ручку "мощность" в крайнее правое положение; установить ручку "время" в положение 5 мин и плотно закрыть дверь.

3.5. Поместить датчик на отметке 0 по оси X координатной системы. Перемещая датчик по оси Y координатной системы и оси Z (по стойке), определить зоны наиболее интенсивного излучения и с помощью мультиметра зафиксировать их численные значения.

Перемещая стойку с датчиком по координате X (удаляя его от печи до предельной отметки 50 см) снять показания мультиметра дискретно с шагом 20 мм. Данные замеров занести в табл.5. Построить график распределения интенсивности излучения в пространстве перед печью.

3.6. Поместить датчик на отметке 0 по оси X. Зафиксировать показания мультиметра.

3.7. Поочередно устанавливая защитные экраны и фиксировать показания мультиметра.

3.8. Определить эффективность экранирования для каждого экрана по формуле:

$$\delta = [(I - I_{\text{э}})/I] \cdot 100\%, \quad (4)$$

где: I – показание мультиметра без экрана;

$I_{\text{э}}$ – показание мультиметра с экраном.

3.9. Построить диаграмму эффективности экранирования от вида материала защитных экранов.

3.10. Составить отчет о работе.

4. ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

4.1. Общие сведения

4.2. Схема стенда

4.3. Данные измерений (табл. 5 и 6)

Таблица 5

Номер измерения	Значение X, см	Значение Y, см	Значение Z, см	Интенсивность излучения (показания мультиметра)
1				
2				
...				
n				

Таблица 6

Номера защитных экранов	Эффективность экранирования, δ (%)
1(материал)	
2(материал)	
3(материал)	
4(материал)	
5(материал)	

4.4. Графики распределения интенсивности излучения в пространстве и диаграмма эффективности экранирования от вида материала защитных экранов.

4.5. Выводы.

Дата

Подпись студента

Дата

Подпись преподавателя

5.Список литературы

1. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин и др. – М., Высшая школа, 1999.-318с.
2. Влияние магнитных полей радиочастот на человека. Ю.Д. Думанский и др. - Киев. 1975,159с.
3. Влияние электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека и способы защиты от него. Учебное пособие. С.Г. Захаров, Т.Т. Каверзнева. - СПГТУ, 1992, 74 с.
4. ГН 2.1.8/2.2.4.019-94. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой связи.
5. ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования.
6. Охрана труда. Г.Ф. Денисенко. - М.: Высшая школа, 1985.- 319 с.
7. Охрана труда в химической промышленности. Г.В. Макаров. - М.: Химия, 1989. - 496 с.
8. Справочник по технике безопасности. П.А. Долин. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
9. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ).
- 10.Техника безопасности в электроэнергетических установках. Справочное пособие. П.А. Долин. - М.: 1987.
- 11.Охрана труда в радио и электронной промышленности. Под редакцией С.Ш. Павлова. -М.: Энергия, 1986.